

SISTEM REKOMENDASI PRODUK UMKM KOTA KENDARI BERBASIS WEBSITE DENGAN PENERAPAN ALGORITMA NEURAL COLLABORATIVE FILTERING DAN K- NEAREST NEIGHBOR

Muhammad Saharullah Raiya^{*1}, Jumadil Nangi¹, La Ode Muhammad Bahtiar
Aksara¹, Bambang Pramono¹, Isnawaty¹, Kobajashi Togo Isamu¹

¹Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Penulis korespondensi: Muhammad Saharullah Raiya (mosahrulraiya.22123@gmail.com)

Perkembangan e-commerce membuka peluang besar bagi UMKM Kota Kendari untuk memperluas pasar secara digital, tetapi visibilitas produk dan personalisasi layanan masih belum optimal. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem rekomendasi produk UMKM berbasis website dengan menerapkan algoritma Neural Collaborative Filtering (NCF) dan K-Nearest Neighbor (KNN) melalui mekanisme switching. KNN digunakan pada kondisi cold start pengguna baru berdasarkan kemiripan produk, sedangkan NCF digunakan ketika data interaksi tersedia untuk memodelkan hubungan non-linear antara pengguna dan produk. Sistem dikembangkan menggunakan metode Rational Unified Process (RUP) dengan teknologi Python dan Flask. Evaluasi dilakukan melalui pengujian algoritma menggunakan metrik Top-N, User Acceptance Testing (UAT), dan white box. Hasil menunjukkan NCF mencapai HR@10 sebesar 0,7692 dan NDCG@10 sebesar 0,4691, sedangkan KNN memperoleh Precision@10 sebesar 0,9500. UAT menghasilkan 82,67% kategori sangat baik, dan pengujian White Box menunjukkan bahwa alur logika KNN dan NCF berjalan sesuai rancangan.

Kata Kunci — Sistem Rekomendasi, UMKM, Neural Collaborative Filtering, K-Nearest Neighbor, Website.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan e-commerce yang pesat di Indonesia didorong oleh tingginya penggunaan internet. Badan Pusat Statistik mencatat bahwa 72,78% populasi Indonesia telah terjangkau internet pada tahun 2024 [1]. Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang mencakup 99% dari total unit bisnis atau sekitar 30,18 juta unit hingga akhir 2024 memiliki peran vital dalam perekonomian nasional, namun digitalisasi masih menghadapi berbagai kendala, khususnya di daerah[2].

Pelaku UMKM di Kota Kendari dilaporkan belum banyak memanfaatkan peluang e-commerce[3]. Survei nasional juga mencatat bahwa adopsi digital UMKM seringkali baru sebatas penggunaan media sosial, belum untuk transaksi e-commerce[4]. Platform-platform yang ada, termasuk aplikasi KSPro yang diluncurkan Pemkot Kendari pada 2021, umumnya masih bersifat katalog produk tanpa sistem rekomendasi yang dapat mempersonalisasi penemuan produk bagi konsumen [5].

Sistem rekomendasi memegang peranan krusial dalam ekosistem e-commerce untuk mengoptimalkan efektivitas pemasaran dengan menyajikan produk yang relevan kepada setiap pengguna. Penelitian sebelumnya [6] membuktikan bahwa implementasi collaborative filtering pada platform e-commerce UMKM menghasilkan nilai prediksi rekomendasi yang tinggi dan berfungsi sebagai alat pemasaran yang efektif.

Dua algoritma yang relevan adalah K-Nearest Neighbor (KNN) dan Neural Collaborative Filtering (NCF). KNN efektif pada data kecil dengan cara menemukan tetangga terdekat melalui perhitungan metrik kemiripan, sedangkan NCF mengintegrasikan matrix factorization dengan jaringan saraf untuk memodelkan interaksi non-linear antara pengguna dan produk. Penelitian sebelumnya [7] menerapkan User-Based Collaborative Filtering di Kabupaten Kolaka (Sultra) namun masih menggunakan metode konvensional. Belum ditemukan penelitian yang mengembangkan sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari berbasis website dengan mekanisme switching NCF dan KNN.

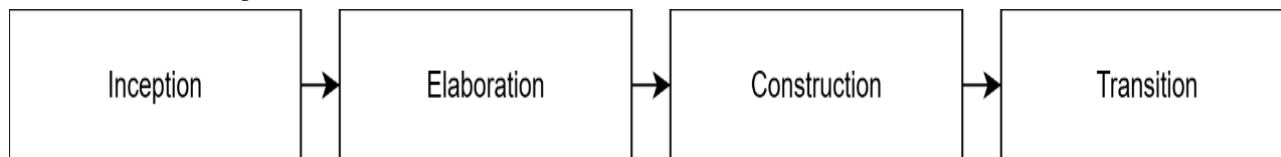
Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari berbasis website dengan menerapkan algoritma Neural Collaborative Filtering dan K-Nearest Neighbor dalam mekanisme switching, serta mengevaluasi kinerja dan penerimaan penggunaannya.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Bab ini menguraikan metodologi yang diterapkan dalam pengembangan Sistem Rekomendasi Produk UMKM Kota Kendari berbasis Website. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah Rational Unified Process (RUP), yang terdiri atas empat fase, yaitu Inception, Elaboration, Construction, dan Transition.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan observasi. Selain itu, penelitian ini menggunakan data asli yang tersimpan pada basis data sistem, yang meliputi data pengguna, data produk, data preferensi awal pengguna, serta data interaksi pengguna berupa rating terhadap produk. Data tersebut diolah sesuai dengan kebutuhan masing-masing algoritma, yaitu K-Nearest Neighbor (KNN) untuk menangani kondisi cold start dan Neural Collaborative Filtering (NCF) untuk menghasilkan rekomendasi pada pengguna yang telah memiliki riwayat interaksi. Pada implementasi NCF, data interaksi



Gambar 1. Metode Penelitian

Metode RUP sangat sesuai diterapkan pada proyek yang berskala besar dan memiliki tingkat kompleksitas tinggi karena menekankan pengelolaan yang terstruktur [8] Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Inception (Permulaan)

Tahap ini bertujuan mendefinisikan ruang lingkup, tujuan, serta kebutuhan awal sistem. Dilakukan identifikasi permasalahan utama, yaitu rendahnya visibilitas produk UMKM Kota Kendari dan belum adanya sistem rekomendasi yang adaptif. Pada tahap ini juga ditentukan aktor yang terlibat serta kebutuhan fungsional (registrasi, preferensi, rating, rekomendasi) dan non-fungsional sistem (perangkat keras dan lunak).

2. Elaboration (Perencanaan & Analisis)

Fase ini berfokus pada analisis kebutuhan secara mendalam dan perancangan arsitektur sistem. Dilakukan perancangan struktur database, antarmuka pengguna (interface), serta alur kerja algoritma. Pemodelan sistem dilakukan menggunakan UML (use case diagram, activity diagram, class diagram, dan sequence diagram). Pada tahap ini juga dirancang mekanisme switching algoritma: KNN untuk kondisi cold start (pengguna baru) dan NCF untuk pengguna yang memiliki data interaksi (rating).

3. Construction (Konstruksi)

Tahap ini merupakan implementasi dari seluruh rancangan ke dalam kode program. Sistem rekomendasi yang dikembangkan berbasis website menggunakan Python dengan Framework Flask. Algoritma KNN diimplementasikan menggunakan library Scikit-learn pendekatan Cosine Similarity untuk menghitung tingkat kemiripan antar data. Sedangkan algoritma NCF dibangun

dipraolah melalui penghapusan nilai kosong dan duplikasi, kemudian dilakukan encoding identitas pengguna dan produk ke bentuk numerik. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data validasi/pengujian untuk mendukung evaluasi model secara objektif. Perancangan sistem dilakukan dengan pemodelan menggunakan Unified Modeling Language (UML), meliputi use case, activity, class, dan sequence diagram. Implementasi sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python, framework Flask, serta database SQLite/MySQL.

Pengujian sistem mencakup tiga pendekatan, yaitu: (1) pengujian kinerja algoritma menggunakan metrik Precision@K, Hit Ratio@K (HR@K), dan Normalized Discounted Cumulative Gain@K (NDCG@K); (2) User Acceptance Testing (UAT) dengan skala Likert; serta (3) White Box Testing. Pendekatan sistematis ini bertujuan untuk menghasilkan sistem rekomendasi yang adaptif terhadap kondisi cold start (menggunakan KNN) maupun pengguna aktif (menggunakan NCF).

menggunakan menggunakan representasi embedding pengguna dan produk dengan arsitektur Generalized Matrix Factorization (GMF) serta Bayesian Personalized Ranking (BPR) Loss. Skor kecocokan antara pengguna dan produk diperoleh dari interaksi vektor embedding yang digunakan untuk menghasilkan peringkat rekomendasi. Basis data menggunakan SQLite untuk pengembangan dan MySQL untuk produksi. Seluruh antarmuka dibangun dengan HTML, CSS, dan JavaScript.

4. Transition (Transisi)

Tahap akhir ini mencakup pengujian sistem secara menyeluruh dan persiapan deployment. Pengujian meliputi: (1) pengujian kinerja algoritma (NCF: HR@K, NDCG@K; KNN: Precision@K), (2) User Acceptance Testing (UAT), dan (3) White Box Testing untuk memvalidasi alur logika kode. Hasil pengujian dianalisis untuk memastikan sistem layak digunakan dan memberikan rekomendasi yang relevan.

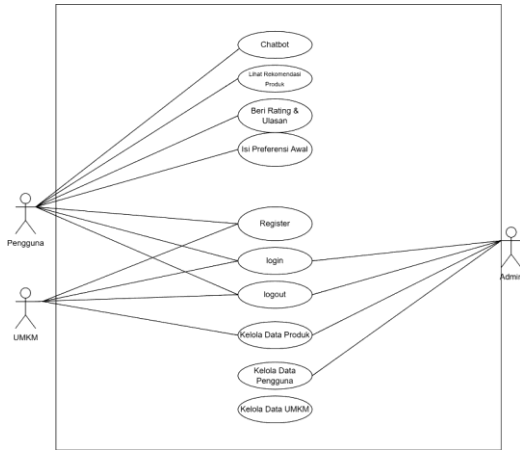
B. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dilakukan setelah analisis sistem untuk menyusun konsep dan desain aplikasi yang akan dibangun. Pada tahap ini dirancang komponen sistem, alur proses, dan struktur basis data agar sistem dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Perancangan dilakukan menggunakan Unified

Modeling Language (UML), yang meliputi Use case Diagram untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem, Activity Diagram untuk menunjukkan alur proses, Sequence Diagram untuk menjelaskan urutan komunikasi antar komponen, serta Class Diagram untuk menggambarkan struktur kelas dan hubungan antar kelas dalam aplikasi.

C. Usecase Diagram

Use case diagram merupakan salah satu diagram perilaku (behavioral diagram) dalam Unified Modeling Language (UML) yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem serta menunjukkan fungsi-fungsi yang tersedia sesuai kebutuhan pengguna [9].

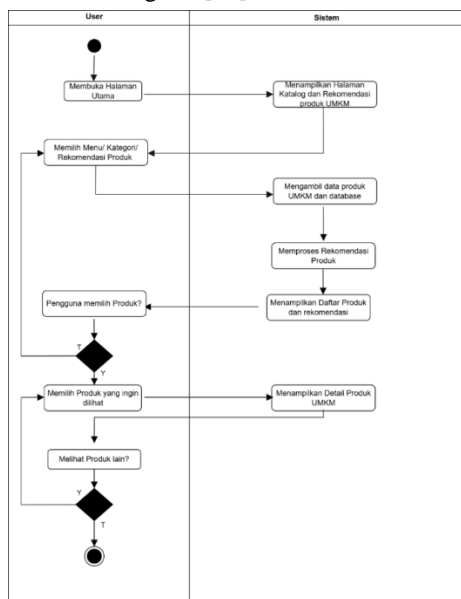


Gambar 1. Usecase Diagram

Pada Gambar 2 terdapat tiga aktor, yaitu Pengguna, UMKM, dan Admin. Pengguna dapat melakukan registrasi, login, mengisi preferensi awal, melihat rekomendasi produk, memberikan rating dan ulasan, serta menggunakan fitur chatbot. UMKM dapat melakukan registrasi, login, dan mengelola data produk. Admin bertugas mengelola data produk, data pengguna, dan data UMKM. Proses rekomendasi produk menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) untuk pengguna baru (cold start) dan Neural Collaborative Filtering (NCF) untuk pengguna yang telah memiliki riwayat interaksi.

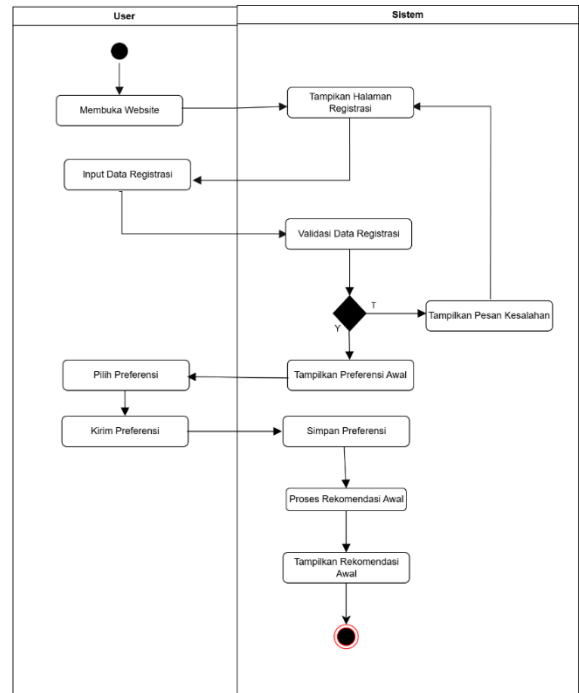
D. Activity Diagram

Activity Diagram merupakan diagram yang digunakan untuk menggambarkan alur kerja atau urutan aktivitas dalam suatu sistem, baik yang sedang berjalan maupun yang akan dikembangkan [10].



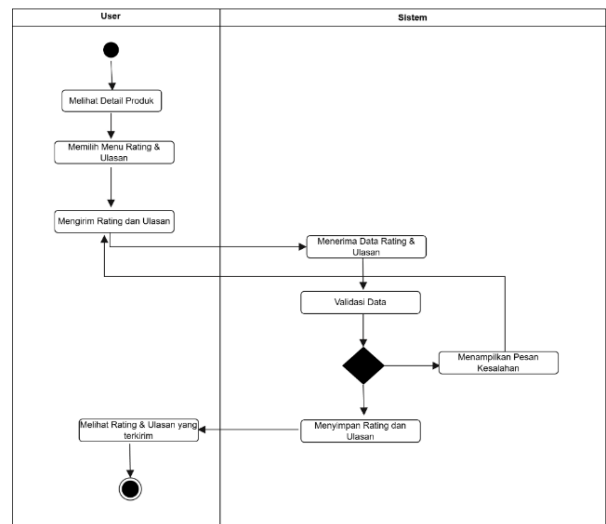
Gambar 2. Activity Diagram Lihat Produk dan Rekomendasi

Activity diagram pada Gambar 3 menggambarkan alur interaksi antara pengguna dan sistem dalam proses melihat katalog produk UMKM serta menerima rekomendasi produk. Proses dimulai ketika pengguna membuka halaman utama website, kemudian sistem menampilkan katalog dan menghasilkan rekomendasi menggunakan algoritma Neural Collaborative Filtering dan K-Nearest Neighbor, sebelum pengguna memilih produk untuk melihat detail atau melanjutkan penelusuran.



Gambar 3. Activity Diagram Register dan isi preferensi awal

Activity diagram pada Gambar 4 menggambarkan alur proses pendaftaran pengguna yang dilanjutkan dengan pengisian preferensi awal sebagai mekanisme cold start pada sistem rekomendasi. Proses dimulai ketika pengguna membuka website dan mengisi data registrasi, kemudian sistem melakukan validasi sebelum menampilkan halaman preferensi awal. Preferensi yang dipilih pengguna selanjutnya disimpan oleh sistem dan digunakan untuk menghasilkan serta menampilkan rekomendasi awal produk.

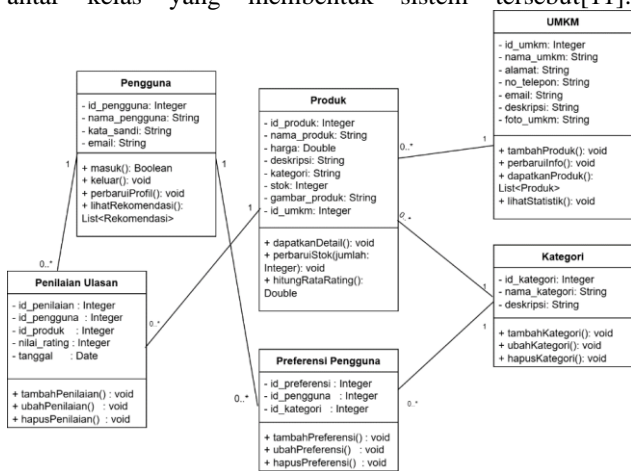


Gambar 4. Activity Diagram Beri Rating dan Ulasan

Activity diagram pada Gambar 5 menggambarkan alur proses pemberian rating dan ulasan produk UMKM oleh pengguna. Proses dimulai ketika pengguna membuka halaman detail produk dan menginput rating serta ulasan, kemudian sistem melakukan validasi data sebelum menyimpannya ke dalam basis data. Setelah data dinyatakan valid dan berhasil disimpan, sistem menampilkan informasi bahwa proses pemberian rating dan ulasan telah selesai. Activity Diagram Kelola Data Produk.

E. Class Diagram

Class Diagram digunakan sebagai salah satu model dalam Unified Modeling Language (UML) untuk menggambarkan struktur logis sistem melalui hubungan antar kelas yang membentuk sistem tersebut[11].



Gambar 5. Class Diagram

Class diagram sistem rekomendasi ini terdiri dari kelas Pengguna, Produk, UMKM, Kategori, Rating, dan Preferensi Pengguna. Kelas Preferensi Pengguna menyimpan minat awal pengguna terhadap kategori produk tertentu, yang berperan penting dalam menangani kondisi cold start menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN). Sementara itu, kelas Rating menyimpan data penilaian pengguna terhadap produk, yang menjadi input utama bagi algoritma Neural Collaborative Filtering (NCF) untuk mempelajari pola preferensi pengguna secara non-linear.

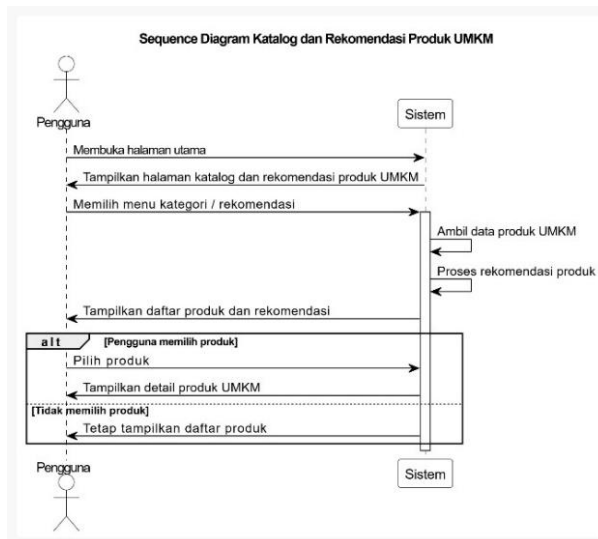
Kelas Produk terhubung dengan kelas UMKM dalam relasi one-to-many, di mana satu UMKM dapat memiliki banyak produk. Kelas Produk juga terhubung dengan kelas Kategori untuk mengelompokkan produk berdasarkan jenisnya. Dengan pemisahan tanggung jawab yang jelas pada setiap kelas, struktur class diagram ini mendukung penerapan kedua algoritma rekomendasi secara terintegrasi, sehingga sistem lebih mudah dikembangkan dan dipelihara.

F. Sequence Diagram

Sequence diagram merupakan diagram interaksi dalam Unified Modeling Language yang menggambarkan hubungan antarobjek dalam sistem secara berurutan[12]. Dalam sistem rekomendasi, diagram ini digunakan untuk memodelkan alur interaksi mulai dari pengguna memberikan preferensi hingga sistem menghasilkan rekomendasi. Sequence diagram menunjukkan proses logis berupa pertukaran pesan antara antarmuka

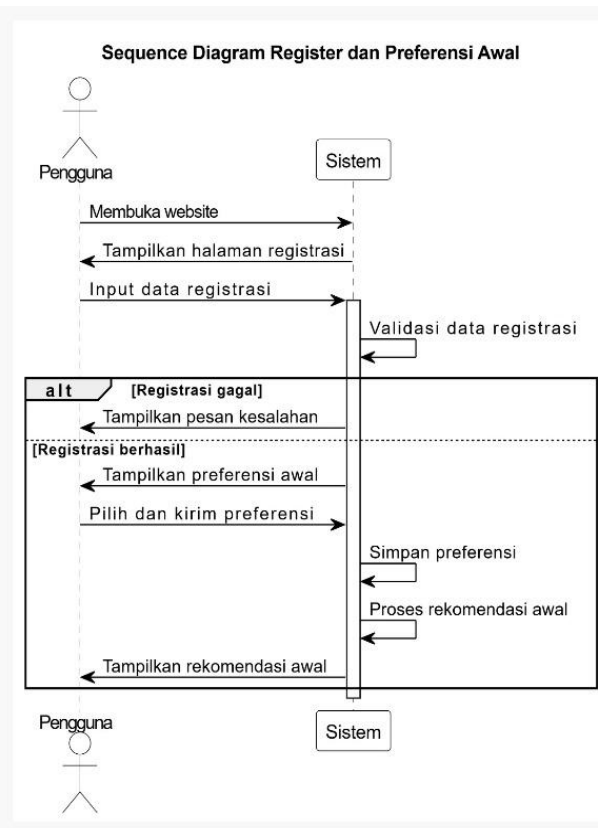
pengguna, modul algoritma rekomendasi, dan basis data.

Penyajian alur secara kronologis membantu pengembang memahami mekanisme kerja sistem secara jelas dan terstruktur. Dengan demikian, sequence diagram mendukung perancangan sistem rekomendasi yang bersifat sistematis dan mudah dianalisis.



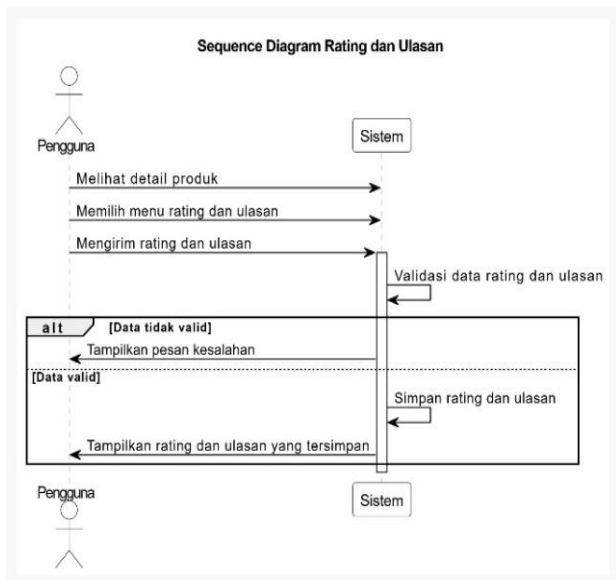
Gambar 6. Sequence diagram katalog dan rekomendasi produk UMKM

Sequence diagram pada Gambar 7 menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem dalam menelusuri katalog serta memperoleh rekomendasi produk. Proses dimulai saat pengguna membuka halaman utama, sistem menampilkan katalog dan rekomendasi, lalu mengambil data produk UMKM untuk diproses. Jika pengguna memilih produk, sistem menampilkan detail produk, sedangkan jika tidak, sistem tetap menampilkan daftar produk yang tersedia.



Gambar 7. Sequence Diagram Register dan Preferensi Awal

Gambar 8 menggambarkan alur interaksi antara pengguna dan sistem pada proses pendaftaran akun yang dilanjutkan dengan pengisian preferensi awal. Proses dimulai ketika pengguna membuka *website* dan mengisi data *register*, kemudian sistem melakukan validasi data; apabila proses *register* gagal, sistem menampilkan pesan kesalahan. Jika *register* berhasil, sistem menampilkan halaman preferensi awal, menyimpan preferensi yang dipilih pengguna, memproses rekomendasi awal, dan selanjutnya menampilkan rekomendasi produk kepada pengguna.



Gambar 8. Sequence Diagram Rating dan Ulasan

Sequence diagram rating dan ulasan menggambarkan proses ketika pengguna mengirimkan *rating* dan ulasan terhadap produk UMKM yang kemudian divalidasi oleh sistem. Jika data tidak valid, sistem menampilkan pesan kesalahan, sedangkan jika valid, sistem menyimpan data dan menampilkan *rating* serta ulasan yang telah tersimpan.

G. Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem dilakukan melalui tiga pendekatan, yaitu pengujian kinerja algoritma, *User Acceptance Testing*, dan *White Box Testing*. Pengujian algoritma dilakukan dengan skenario *Top-N recommendation* pada dua kondisi pengguna. Pada kondisi *cold start*, pengguna baru mengisi preferensi awal, kemudian sistem menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* untuk menghasilkan rekomendasi berdasarkan kemiripan atribut produk. Kinerja KNN dievaluasi menggunakan *Precision@K* pada $K = 3, 5, \text{ dan } 10$.

Pada kondisi pengguna aktif, sistem menggunakan data *rating* pengguna sebagai input algoritma *Neural Collaborative Filtering*. Kinerja NCF dievaluasi menggunakan *HR@K* dan *NDCG@K* pada $K = 3, 5, \text{ dan } 10$. Selanjutnya, *User Acceptance Testing* dilakukan menggunakan kuesioner skala Likert untuk mengukur penerimaan pengguna terhadap aspek tampilan, kemudahan penggunaan, fungsi sistem, dan relevansi rekomendasi. *White Box Testing* dilakukan menggunakan teknik *basic path testing* untuk memvalidasi jalur logika pada modul utama sistem.

Tabel 1 Evaluasi Sistem

No	Evaluasi	Metode	Fokus Pengujian
1	KNN	<i>Precision@K</i>	Rekomendasi pengguna baru atau <i>cold start</i>
2	NCF	<i>HR@K</i> dan <i>NDCG@K</i>	Rekomendasi pengguna aktif berbasis <i>rating</i>
3	UAT	Skala Likert	Penerimaan pengguna terhadap sistem
4	White Box	Basic Path Testing	Validitas alur logika program

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

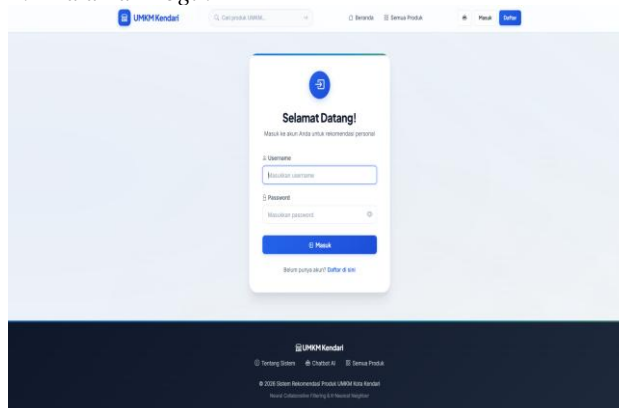
Sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari berbasis *website* berhasil dikembangkan untuk membantu pengguna menemukan produk UMKM yang sesuai dengan preferensi mereka. Sistem ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Flask dan basis data untuk menyimpan data pengguna, data produk, serta data interaksi berupa *rating*. Data interaksi tersebut menjadi dasar utama dalam proses pemberian rekomendasi produk kepada pengguna.

Implementasi sistem dilakukan dengan menerapkan dua algoritma rekomendasi, yaitu *K-Nearest Neighbor* (KNN) dan *Neural Collaborative Filtering* (NCF). Algoritma KNN digunakan untuk menangani kondisi pengguna baru atau *cold start*, yaitu ketika pengguna belum memiliki riwayat *rating* yang cukup. Sementara itu, algoritma NCF digunakan untuk pengguna aktif yang telah memiliki data interaksi, sehingga sistem dapat mempelajari pola preferensi pengguna secara lebih personal.

Secara umum, sistem ini menyediakan beberapa fitur utama, yaitu *login* pengguna, pengisian preferensi awal, tampilan katalog produk UMKM, detail produk, pemberian *rating* dan ulasan, pengelolaan data produk, pengelolaan pengguna, serta fitur *chatbot*. Fitur-fitur tersebut dirancang untuk mendukung proses pencarian dan rekomendasi produk UMKM secara lebih terarah, cepat, dan relevan.

A. Interface Sistem

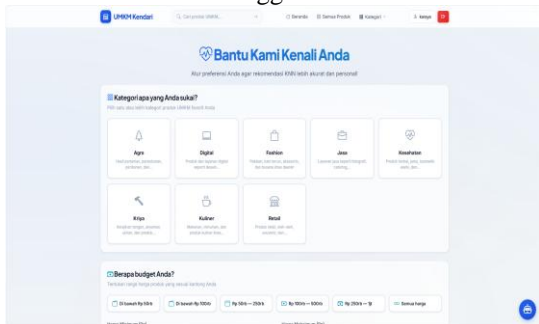
1. Halaman Login



Gambar 9. Halaman Login

Halaman ini menampilkan layar *login* sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari. Pengguna atau administrator yang telah terdaftar memasukkan email/username dan password, kemudian menekan tombol *login* untuk mengakses sistem. Desain halaman dibuat sederhana dan minimalis dengan warna netral agar memudahkan pengguna saat proses autentikasi.

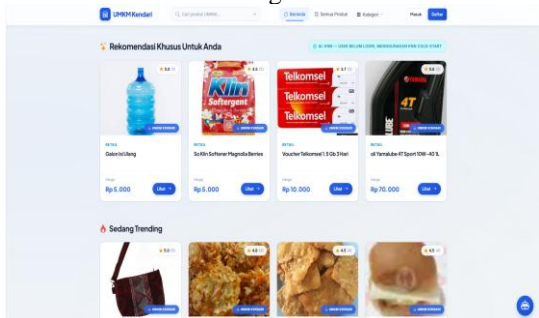
2. Halaman Preferensi Pengguna



Gambar 10. Halaman Preferensi Pengguna

Halaman ini menampilkan fitur preferensi pengguna pada sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari. Pada halaman ini, pengguna diminta mengisi preferensi awal, seperti kategori produk yang disukai, kisaran anggaran, dan kriteria lain yang relevan. Preferensi tersebut digunakan oleh sistem sebagai dasar untuk menghasilkan rekomendasi awal produk, khususnya pada kondisi *cold start* ketika pengguna belum memiliki riwayat interaksi. Desain halaman dibuat sederhana dan intuitif agar memudahkan pengguna dalam mengisi preferensi secara cepat dan nyaman.

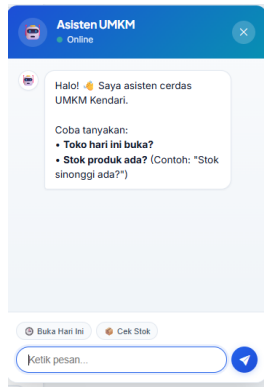
3. Halaman Beranda/Katalog Produk



Gambar 11. Halaman Beranda

Halaman ini menampilkan beranda sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari. Di bagian atas terdapat logo sistem, kolom pencarian untuk mencari produk UMKM, serta menu profil dan logout. Sistem juga menampilkan rekomendasi produk untuk pengguna dalam bentuk kartu. Pada sisi kiri terdapat menu kategori dan filter cepat seperti harga dan rating untuk membantu penyaringan produk. Untuk menu *chatbot* terletak di Sementara itu, bagian utama halaman menampilkan katalog produk lengkap dengan gambar, nama produk, harga, dan tombol lihat detail untuk melihat informasi produk secara lebih lengkap.

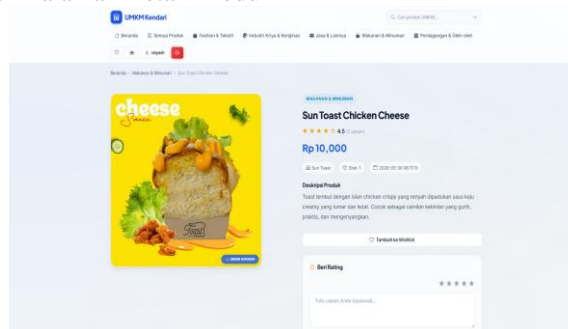
4. Halaman Fitur Chatbot



Gambar 12. Halaman Chatbot

Halaman ini menampilkan fitur *chatbot* yang digunakan untuk membantu pengguna dalam memperoleh informasi dan rekomendasi produk UMKM secara interaktif. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk mengajukan pertanyaan, seperti mencari rekomendasi produk, produk terbaik, atau produk terbaru, serta menyediakan menu cepat untuk mempermudah akses. *Chatbot* akan memproses setiap pertanyaan yang diberikan dan memberikan respons sesuai dengan kebutuhan pengguna secara cepat dan efisien.

5. Halaman Detail Produk



Gambar 13. Halaman Detail Produk

Halaman ini menampilkan detail produk UMKM pada sistem rekomendasi. Pengguna dapat melihat gambar produk, nama produk, harga, serta deskripsi singkat mengenai produk tersebut. Informasi UMKM penjual juga ditampilkan, seperti nama UMKM, alamat, dan kontak yang dapat dihubungi. Selain itu, tersedia fitur beri rating dan ulasan serta bagian rating dan ulasan pengguna yang menampilkan penilaian dan komentar dari pengguna lain terhadap produk tersebut.

B. Implementasi Algoritma

Implementasi algoritma pada sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari menggunakan dua metode, yaitu *K-Nearest Neighbor* (KNN) dan *Neural Collaborative Filtering* (NCF). KNN digunakan untuk pengguna baru yang belum memiliki riwayat rating, sedangkan NCF digunakan untuk pengguna yang telah memiliki data interaksi berupa rating produk. Pembagian ini bertujuan agar sistem tetap dapat memberikan rekomendasi baik pada kondisi *cold start* maupun pada pengguna aktif.

1. Implementasi K-Nearest Neighbor

Algoritma *K-Nearest Neighbor* diterapkan untuk menghasilkan rekomendasi awal berdasarkan kemiripan antara preferensi pengguna dan atribut produk. Atribut yang digunakan meliputi kategori, harga, dan rata-rata rating. Setiap atribut dinormalisasi terlebih dahulu, kemudian diberi bobot agar proses perhitungan lebih sesuai dengan karakteristik rekomendasi produk. Normalisasi harga dihitung dengan persamaan berikut.

$$Harga\ Norm = \frac{Harga - Harga_{min}}{Harga_{max} - Harga_{min}} \quad (1)$$

Sementara itu, rating dinormalisasi dengan persamaan berikut.

$$Rating\ Norm = \frac{Avg\ Rating}{5} \quad (2)$$

Sebagai contoh, pengguna memilih kategori *Fashion*, rentang harga Rp50.000 sampai Rp150.000, dan rating minimum 3,0. Dengan harga minimum Rp35.000 dan

harga maksimum Rp350.000, nilai normalisasi harga pada titik tengah Rp100.000 adalah:

$$Harga\ Norm = \frac{100000 - 35000}{350000 - 35000} = 0.2063 \quad (3)$$

Nilai rating minimum dinormalisasi sebagai berikut

$$Rating\ Norm = \frac{3.0}{5} = 0.6 \quad (4)$$

.Kemiripan antara vektor pengguna dan produk dihitung menggunakan *Cosine Similarity*.

$$Cosine\ Similarity = \frac{A \cdot B}{\|A\| \times \|B\|} \quad (5)$$

Tabel 2 Hasil Similarity

Produk	Harga	Kategori	Rating	Similarity
Topi				
Anyaman Pandan	Rp85.000	Fashion	4,8	0,9932
Buket Bunga Artificial	Rp150.000	Fashion	4,6	0,9871
Sabun Herbal				
Sanga Sanga Kaliku Sarung	Rp35.000	Fashion	4,2	0,9743
Tenun Kendari	Rp350.000	Fashion	4,5	0,8821

Berdasarkan Tabel 2, Topi Anyaman Pandan memperoleh nilai kemiripan tertinggi sebesar 0,9932. Produk tersebut menjadi rekomendasi utama karena memiliki kategori yang sesuai, harga yang berada dalam rentang preferensi, dan rating yang tinggi.

2. Implementasi Neural Collaborative Filtering

Neural Collaborative Filtering diterapkan ketika pengguna telah memiliki riwayat rating. Algoritma ini mempelajari pola hubungan antara pengguna dan produk berdasarkan data interaksi. Data yang digunakan mencakup *user_id*, *product_id*, dan nilai rating. Setiap identitas pengguna dan produk dikodekan ke bentuk numerik agar dapat diproses oleh model.

Model NCF membentuk representasi laten pengguna dan produk melalui proses *embedding*. Skor kecocokan dihitung menggunakan operasi *dot product* antara vektor pengguna dan vektor produk. Contoh *embedding* pengguna U3 dan produk P97 adalah sebagai berikut.

$$Embedding\ U3 = [0,55, 0,68, 0,31] \quad (5)$$

$$Embedding\ P97 = [0,55, 0,68, 0,31] \quad (6)$$

Skor kecocokan dihitung sebagai berikut.

$$Skor = (0,43 \times 0,55) + (0,71 \times 0,68) + (0,29 \times 0,31) \quad (7)$$

$$Skor = 0,2365 + 0,4828 + 0,0899 = 0,8092 \quad (8)$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa produk P97 memiliki tingkat relevansi tinggi terhadap pengguna U3.

Tabel 3. Hasil Skor NCF

Pengguna	Produk	Encoding User	Encoding Produk	Skor NCF
U3	Ubi Jalar Goreng	2	2	0,89
U3	Sun Toast Chicken Cheese	2	3	0,85

U3	Nasi Ayam Lalapan	2	9	0,81
U3	Aqua 1.5L	2	4	0,54
U3	Kaos Oleh-oleh Kendari	2	1	0,22

Berdasarkan Tabel 3, produk Ubi Jalar Goreng, Sun Toast Chicken Cheese, dan Nasi Ayam Lalapan memperoleh skor tertinggi. Ketiga produk tersebut menjadi rekomendasi utama karena model menilai produk tersebut paling sesuai dengan pola rating pengguna. Dengan demikian, NCF mampu menghasilkan rekomendasi yang lebih personal dibandingkan KNN karena memanfaatkan riwayat interaksi pengguna.

C. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk menilai kinerja algoritma, penerimaan pengguna, dan ketepatan alur logika program. Pengujian kinerja algoritma dilakukan pada KNN dan NCF. KNN digunakan pada kondisi *cold start*, sedangkan NCF digunakan pada pengguna yang telah memiliki data rating. Selain itu, UAT digunakan untuk menilai penerimaan pengguna, sedangkan White Box digunakan untuk menguji alur logika program

Tabel 4. Hasil Pengujian Sistem

Jenis Pengujian	Fokus	Metode/ Metrik	Hasil
KNN	Pengguna baru	<i>Precision@K</i> HR@K / NDCG@K	K=3: 0,9000; K=5: 0,9000; K=10: 0,9500
NCF	Pengguna aktif	Skala Likert Cyclomat	K=3: 0,5385 / 0,3864; K=5: 0,6923 / 0,4460; K=10: 0,7692 / 0,4691
UAT	Penerimaan pengguna	ic Complexity	82,67%
White Box KNN	Alur logika KNN		V(G) = 2

Hasil pengujian KNN menunjukkan bahwa nilai terbaik diperoleh pada K=10 dengan *Precision@10* sebesar 0,9500. Nilai ini menunjukkan bahwa KNN mampu memberikan rekomendasi yang relevan pada pengguna baru. Pada NCF, nilai terbaik juga diperoleh pada K=10, yaitu HR@10 sebesar 0,7692 dan NDCG@10 sebesar 0,4691. Hasil ini menunjukkan bahwa NCF mampu menemukan item yang relevan dan menyusunnya dalam urutan rekomendasi yang cukup baik.

Pengujian UAT memperoleh nilai 82,67%. Nilai tersebut berasal dari total skor 1.240 dibandingkan skor maksimum 1.500. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem berada pada kategori sangat baik dan dapat diterima oleh pengguna, khususnya dari aspek fungsionalitas, kegunaan, performa, kesesuaian proses bisnis, dan aksesibilitas.

Pengujian *White Box* dilakukan menggunakan basic path testing melalui analisis *flowgraph* dan perhitungan *cyclomatic complexity*. Pada algoritma KNN, jumlah edge sebanyak 9 dan node sebanyak 9, sehingga diperoleh:

$$V(G) = (E - N) + 2 = 2 \quad (9)$$

$$V(G) = (9 - 9) + 2 = 2 \quad (10)$$

Nilai yang sama juga diperoleh pada algoritma NCF, yaitu V(G) = 2. Artinya, masing-masing algoritma memiliki 2 jalur independen yang perlu diuji. Dengan

hasil tersebut, alur logika KNN dan NCF dinilai telah berjalan sesuai rancangan sistem.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem rekomendasi produk UMKM Kota Kendari berbasis website berhasil menerapkan mekanisme switching antara KNN dan NCF sesuai kondisi data pengguna. KNN digunakan pada pengguna baru atau kondisi cold start, sedangkan NCF digunakan pada pengguna yang telah memiliki data rating. Hasil pengujian menunjukkan bahwa KNN memperoleh nilai terbaik pada Precision@10 sebesar 0,9500, sedangkan NCF memperoleh HR@10 sebesar 0,7692 dan NDCG@10 sebesar 0,4691.

Pengujian UAT menghasilkan nilai 82,67%, sehingga sistem berada pada kategori sangat baik dan dapat diterima oleh pengguna. Selain itu, pengujian White Box menunjukkan bahwa alur logika KNN dan NCF berjalan sesuai rancangan. Dengan demikian, sistem yang dibangun mampu memberikan rekomendasi produk UMKM yang relevan, personal, dan layak digunakan sebagai media pendukung penemuan produk UMKM Kota Kendari secara digital.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo yang telah memberikan dukungan, lingkungan akademik, serta fasilitas selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada orang tua dan keluarga atas doa, dukungan moral, serta motivasi yang senantiasa diberikan. Tidak lupa, penulis mengapresiasi semua pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data dan pengujian sistem hingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Statistik Telekomunikasi Indonesia 2024," Badan Pusat Statistik. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/publication/2025/08/29/beaa2be400ed46ce6c636ef8/statistik-telekomunikasi-indonesia-2024.html>. Accessed: Dec. 03, 2025.
- [2] Kadin Indonesia, "Umkm Indonesia," Kadin Indonesia. [Online]. Available: <https://kadin.id/en/data-dan-statistik/umkm-indonesia/>. Accessed: Dec. 03, 2025.
- [3] I. Isalman, F. Ramadhani I, I. Ilyas, And S. Sahdarullah, "Eksplorasi Faktor Pendukung Dan Penghambat Adopsi E-Commerce Pada Umkm Di Kota Kendari," *Jurnal Manajemen Dan Keuangan*, Vol. 11, No. 2 (2022, Dec.) 244–258.
- [4] A. F. Noor, "Hasil Survei: Pelaku Umkm Belum Akrab Dengan E-Commerce," *Republika Online*, (2023, Feb. 12). [Online]. Available: <https://ekonomi.republika.co.id/berita/rpydzt490/hasil-survei-pelaku-umkm-belum-akrab-dengan-ecommerce>. Accessed: Dec. 03, 2025.
- [5] Antara News, "Kendari Luncurkan Aplikasi E-Commerce K-Spro Dukung Produk Umkm," *Antara News*, (2021, Jan. 23).
- [6] M. Khusnah, R. Gernowo, And B. Surarso, "Implementasi E-Commerce Dengan Sistem Informasi Rekomendasi Menggunakan Metode Collaborative Filtering Untuk Pengembangan Penjualan Pada Umkm," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, Vol. 15, No. 1 (2025, Feb.) 134–141.
- [7] E. A. R. Kasim, N. Ransi, And S. Stiswaty, "Sistem Rekomendasi Produk Umkm Menggunakan Algoritma User-Based Collaborative Filtering Berbasis Website," *Jurnal Sisfotenika*, Vol. 14, No. 2 (2024).
- [8] Y. I. Chandra, D. R. Irawati, And M. Riastuti, "Penerapan Model Rational Unified Process (Rup) Dalam Membangun Aplikasi Promosi Dan Penjualan Berbasis Web, Studi Kasus: Toko Mie Ayam 'Neng Kene Kiyeh'," *Ikra-Ith Informatika: Jurnal Komputer Dan Informatika*, Vol. 8, No. 3 (2024, Oct.) 107–120.
- [9] S. Ramdany, "Penerapan Uml Class Diagram Dalam Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web," *Journal Of Industrial And Engineering System*, Vol. 5, No. 1 (2024, Jul.).
- [10] R. Riswandha, R. Nindiyasari, And A. C. Murti, "Implementasi Sistem Informasi Berbasis Object Oriented Analysis And Design Untuk Mendukung Operasional Kudus Archery School," *Malcom: Indonesian Journal Of Machine Learning And Computer Science*, Vol. 5, No. 3 (2025, Aug.) 1152–1159.
- [11] Mawar, J. Nangi, Subardin, And R. Rinaldi Hadistio, "Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Penjualan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor, Studi Kasus: Thrifting Second 3," *Animator*, Vol. 3, No. 3 (2025, Dec.) 1–5.
- [12] A. A. Surya And I. Haromain, "Rancang Bangun Website Lelang Mobil Menggunakan Framework Codeigniter 3 Pada Pt. Abc," *Jurnal Teknologi Terpadu*, Vol. 9, No. 2 (2023, Nov.) 133–142.